

Docket No.: 50212-546



**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Kiyotaka MURASHIMA, et al.	:	Confirmation Number: 7725
	:	
Serial No.: 10/686,783	:	Group Art Unit: 2874
	:	
Filed: October 17, 2003	:	Examiner:
	:	
For: GRATING DEVICE, METHOD OF FABRICATING THE SAME AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM INCLUDING THE SAME		

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following applications:

**Japanese Patent Application No. 2002-303453, filed October 17, 2002**

A copy of each priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Arthur J. Steiner".

Arthur J. Steiner  
Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:prg  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: March 19, 2004**

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

50212-546  
M. Prashima et al.  
10/686,783  
10/17/2003

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年10月17日

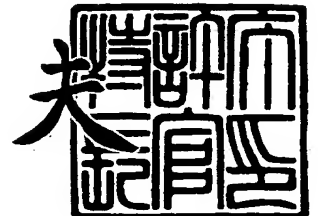
出願番号  
Application Number: 特願2002-303453  
[ST. 10/C]: [JP 2002-303453]

出願人  
Applicant(s): 住友電気工業株式会社

2003年 7月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2003-3060354

【書類名】 特許願

【整理番号】 102Y0496

【提出日】 平成14年10月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 5/18

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 村嶋 清孝

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 橋本 健

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 柴田 俊和

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 井上 享

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路型回折格子素子作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波路の側方に配置した位相格子マスクを介して屈折率変化誘起光を前記光導波路に照射して、前記光導波路の長手方向に沿って屈折率変調による回折格子が形成された光導波路型回折格子素子を作製する方法であって、

前記光導波路と前記位相格子マスクとの相対的な配置関係を第 1 の相対的配置関係として、前記位相格子マスクを介して前記屈折率変化誘起光を前記光導波路に照射する第 1 ステップと、

前記光導波路と前記位相格子マスクとの相対的な配置関係を、長手方向に前記位相格子マスクの格子周期の  $M/2$ （ただし、 $M$  は奇数）の距離だけ前記第 1 の相対的配置関係と異なる第 2 の相対的配置関係として、前記位相格子マスクを介して前記屈折率変化誘起光を前記光導波路に照射する第 2 ステップと、

を備えることを特徴とする光導波路型回折格子素子作製方法。

【請求項 2】 前記光導波路への前記屈折率変化誘起光の照射量が、前記第 1 ステップおよび前記第 2 ステップそれぞれで互いに略等しい、ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路型回折格子素子作製方法。

【請求項 3】 前記第 1 ステップおよび前記第 2 ステップを交互に繰り返し行なう、ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路型回折格子素子作製方法。

【請求項 4】 前記第 1 ステップおよび前記第 2 ステップそれぞれの繰り返し回数が互いに等しい、ことを特徴とする請求項 3 記載の光導波路型回折格子素子作製方法。

【請求項 5】 前記第 1 ステップおよび前記第 2 ステップそれぞれの繰り返しの各回において、前記光導波路への前記屈折率変化誘起光の照射量が互いに等しい、ことを特徴とする請求項 3 記載の光導波路型回折格子素子作製方法。

【請求項 6】 前記第 1 ステップおよび前記第 2 ステップそれぞれの繰り返しの各回において、前記光導波路への前記屈折率変化誘起光の照射量が互いに異なる、ことを特徴とする請求項 3 記載の光導波路型回折格子素子作製方法。

【請求項 7】 光導波路の長手方向に沿って屈折率変調による回折格子が形成された光導波路型回折格子素子であって、請求項 1 記載の光導波路型回折格子素子作製方法により作製されたものである、ことを特徴とする光導波路型回折格子素子。

【請求項 8】 請求項 7 記載の光導波路型回折格子素子を含み、信号光を送るとともに、その信号光を前記光導波路型回折格子素子により処理する、ことを特徴とする光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光導波路の側方に配置した位相格子マスクを介して屈折率変化誘起光を光導波路に照射して光導波路型回折格子素子を作製する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光導波路型回折格子素子は、光導波路（例えば光ファイバ）の長手方向に沿って屈折率変調による回折格子が形成されたものである。そのうち回折格子の格子周期が比較的短いブラッグ型の光導波路型回折格子素子は、光導波路を導波してきて回折格子に到達した導波光のうちブラッグ条件を満たす波長の光を選択的に反射させることができるので、例えば光通信システムにおいて光フィルタ等として用いられ得る。

【0003】

このような光導波路型回折格子素子は、位相格子法により作製され得る（例えば非特許文献 1 および非特許文献 2 を参照）。すなわち、或る波長域の光に対して感光性を有する光導波路を用意するとともに、透明平板の一方の面に位相格子が形成された位相格子マスクを用意する。この位相格子マスクを光導波路の側方に配置して、位相格子マスクを介して屈折率変化誘起光を光導波路に照射する。このとき、位相格子マスクに入射した屈折率変化誘起光が位相格子により回折されて +1 次回折光および -1 次回折光が生じ、これら +1 次回折光と -1 次回折

光との干渉縞が形成される。そして、この干渉縞における屈折率変化誘起光の空間的な強度変調に応じて、感光性を有する光導波路では空間的な屈折率変調による回折格子が形成されて、これにより、光導波路型回折格子素子が作製される。

【0004】

【非特許文献1】

K. O. Hill, et al., "Bragg gratings fabricated in monomode photosensitive optical fiber by UV exposure through a phase mask", Appl. Phys. Lett., Vol.62, No.10, pp.1035-1037 (1993)

【非特許文献2】

A. Inoue, et al., "Optimization of Fiber Bragg Grating for Dense WDM Transmission System", IEICE Trans. Electron., Vol.E81-C, No.8, pp.1209-1218 (1998)

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

以上のようにして作製される光導波路型回折格子素子は、回折格子における平均実効屈折率 $N$ および格子周期 $d$ に応じたブラッグ波長 $\lambda_B (= 2Nd)$ の導波光を選択的に反射させることができる。しかし、光導波路型回折格子素子は、ブラッグ波長 $\lambda_B$ の導波光を選択的に反射させるだけでなく、ブラッグ波長 $\lambda_B$ 以外の波長の導波光をも反射させる場合がある。この場合、この光導波路型回折格子素子は、意図していない反射特性を有するものであり、例えば光ADM (Add Drop Multiplexer) の一構成要素である光フィルタとして用いるには問題がある。

【0006】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、所望の反射特性を有する光導波路型回折格子素子を容易に作製することができる方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光導波路型回折格子素子作製方法は、光導波路の側方に配置した位相格子マスクを介して屈折率変化誘起光を光導波路に照射して、光導波路の長

手方向に沿って屈折率変調による回折格子が形成された光導波路型回折格子素子を作製する方法であって、(1) 光導波路と位相格子マスクとの相対的な配置関係を第1の相対的配置関係として、位相格子マスクを介して屈折率変化誘起光を光導波路に照射する第1ステップと、(2) 光導波路と位相格子マスクとの相対的な配置関係を、長手方向に位相格子マスクの格子周期の $M/2$ （ただし、 $M$ は奇数）の距離だけ第1の相対的配置関係と異なる第2の相対的配置関係として、位相格子マスクを介して屈折率変化誘起光を光導波路に照射する第2ステップと、を備えることを特徴とする。

#### 【0008】

本発明によれば、第1ステップと第2ステップとを備えている。第1ステップでは、光導波路と位相格子マスクとの相対的な配置関係を第1の相対的配置関係とする。一方、第2ステップでは、光導波路と位相格子マスクとの相対的な配置関係を、長手方向に位相格子マスクの格子周期の $M/2$ （ただし、 $M$ は奇数）の距離だけ第1の相対的配置関係と異なる第2の相対的配置関係とする。そして、第1ステップにおける第1の相対的配置関係の下で位相格子マスクを介して屈折率変化誘起光を光導波路に照射し、また、第2ステップにおける第2の相対的配置関係の下で位相格子マスクを介して屈折率変化誘起光を光導波路に照射する。このように、第1ステップにおける第1の相対的配置関係と、第2ステップにおける第2の相対的配置関係とで、光導波路と位相格子マスクとの相対的な配置関係を、位相格子マスクの格子周期の $M/2$ の距離だけ互いに異ならせる。これにより、位相格子マスクから0次光が発生したとしても、光導波路において屈折率変調による回折格子が形成されてなる光導波路型回折格子素子は、不要な周期の変調成分が除去または低減されるので、ブラッグ波長 $\lambda_B$ 以外の波長の導波光の反射が抑制され、所望の反射特性を有するものとなる。

#### 【0009】

また、光導波路への屈折率変化誘起光の照射量は第1ステップおよび第2ステップそれぞれで互いに略等しいのが好適である。第1ステップおよび第2ステップを交互に繰り返し行なうのが好適であり、第1ステップおよび第2ステップそれぞれの繰り返し回数が互いに等しいのも好適である。また、第1ステップおよ



び第2ステップそれぞれの繰り返しの各回において、光導波路への屈折率変化誘起光の照射量が互いに等しくてもよく、光導波路への屈折率変化誘起光の照射量が互いに異なってもよい。

#### 【0010】

本発明に係る光導波路型回折格子素子は、光導波路の長手方向に沿って屈折率変調による回折格子が形成された光導波路型回折格子素子であって、上記の本発明に係る光導波路型回折格子素子作製方法により作製されたものであることを特徴とする。この光導波路型回折格子素子は、不要な周期の変調成分が除去または低減されているので、ブラッグ波長 $\lambda_B$ 以外の波長の導波光の反射が抑制され、所望の反射特性を有するものとなる。

#### 【0011】

本発明に係る光通信システムは、上記の本発明に係る光導波路型回折格子素子を含み、信号光を伝送するとともに、その信号光を光導波路型回折格子素子により処理することを特徴とする。この光通信システムでは、上記の光導波路型回折格子素子により信号光が処理（例えば反射など）されるので、高品質の信号光伝送が可能となる。

#### 【0012】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、本願発明者が本発明を想到するに至った経緯を説明しながら、本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

#### 【0013】

図1は、光導波路型回折格子素子作製方法の説明図である。この図には、説明の便宜のために $x y z$ 直交座標系が示されている。 $x y z$ 直交座標系の $y$ 軸は、光導波路である光ファイバ10の光軸に平行である。 $x y z$ 直交座標系の原点は、位相格子マスク20の位相格子が形成された面21の中央に位置するものとする。同図(a)は $x y$ 平面で切断したときの断面を示し、同図(b)は $x z$ 平面で切断したときの断面を示す。

#### 【0014】

光ファイバ10は、光軸中心を含むコア領域11と、このコア領域11を取り囲むクラッド領域12とを有しており、石英ガラスを主成分とするものである。コア領域11には、屈折率上昇剤として $\text{GeO}_2$ が添加されている。また、この $\text{GeO}_2$ は感光剤としても作用する。すなわち、 $\text{GeO}_2$ が添加された石英ガラスからなるコア領域11は、屈折率変化誘起光（例えば、KrFエキシマレーザ光源から出力される波長248nmの紫外レーザ光）が照射されることで、その照射量に応じた量だけ屈折率が上昇する。

#### 【0015】

位相格子マスク20は、石英ガラスからなる透明平板の一方の面21に位相格子が形成されたものである。そして、この位相格子面21が光ファイバ10に対向するように、光ファイバ10の側方に位相格子マスク20が配置される。このとき、図示のとおり、光ファイバ10の光軸はy軸に平行であり、位相格子マスク20の位相格子面21はyz平面に平行であり、位相格子面21の格子方向はz軸に平行である。

#### 【0016】

屈折率変化誘起光Aは位相格子マスク20を介して光ファイバ10へ照射される。また、その照射位置は、光ファイバ10の長手方向に沿って、屈折率変調を形成すべき範囲に亘り、繰り返し走査される。このとき、位相格子マスク20に入射した屈折率変化誘起光Aは、位相格子面21の位相格子により回折され、+1次回折光および-1次回折光が生じて、これら+1次回折光と-1次回折光と干渉縞が形成される。そして、この干渉縞における屈折率変化誘起光Aの空間的な強度変調に応じて、感光性を有する光ファイバ10のコア領域11では空間的な屈折率変調による回折格子が形成されて、これにより、光導波路型回折格子素子が作製される。

#### 【0017】

+1次回折光と-1次回折光との干渉縞における屈折率変化誘起光Aの強度分布 $I_1(y)$ は、

#### 【0018】

## 【数 1】

$$I_1(y) = |A_{+1} \exp\{-i(kx \cos \theta_{+1} + ky \sin \theta_{+1})\} + A_{-1} \exp\{-i(kx \cos \theta_{-1} - ky \sin \theta_{-1})\}|^2 \quad \cdots (1)$$

なる式で表される。ここで、 $k$  は屈折率変化誘起光  $A$  の波数であり、 $A_{+1}$  は + 1 次回折光の振幅であり、 $A_{-1}$  は - 1 次回折光の振幅であり、 $\theta_{+1}$  は + 1 次回折光の回折角であり、 $\theta_{-1}$  は - 1 次回折光の回折角である。なお、この式の右辺において時間因子を省略した。

## 【0 0 1 9】

ここで、+ 1 次回折光および - 1 次回折光それぞれの振幅が互いに等しく、+ 1 次回折光および - 1 次回折光それぞれの回折角が互いに等しいとして、

## 【0 0 2 0】

## 【数 2】

$$A_{+1} = A_{-1} = A_1 \quad \cdots (2a)$$

$$\theta_{+1} = \theta_{-1} = \theta_1 \quad \cdots (2b)$$

なる関係式が成り立つとする。このとき、上記(1)式は、

## 【0 0 2 1】

## 【数 3】

$$\begin{aligned} I_1(y) &= |A_1|^2 |\exp\{-ikx \cos \theta_1\}|^2 |\exp(-iky \sin \theta_1) + \exp(iky \sin \theta_1)|^2 \\ &= 4|A_1|^2 \cos^2(ky \sin \theta_1) \\ &= 2|A_1|^2 \{1 + \cos(2ky \sin \theta_1)\} \quad \cdots (3) \end{aligned}$$

## 【0 0 2 2】

なる式で表される。

## 【0 0 2 3】

この(3)式で表される強度分布  $I_1(y)$  は、変数  $y$  についての周期関数である。強度分布  $I_1(y)$  の周期を  $d$  とし、位相格子マスク 2 0 の位相格子の周期を  $\Lambda$  とすると、これらのパラメータの間には、

## 【0 0 2 4】

## 【数 4】

$$2k \sin \theta_1 = \frac{2\pi}{d} = \frac{2\pi}{\Lambda/2} \quad \cdots (4)$$

なる関係式が成り立つ。光ファイバ 10 に形成すべき回折格子の周期（強度分布  $I_1(y)$  の周期） $d$  は、位相格子マスク 20 の位相格子の周期  $\Lambda$  の  $1/2$  となる。また、光ファイバ 10 における回折格子は、

## 【0025】

## 【数 5】

$$\sin \theta_1 = \frac{\pi}{kd} = \frac{2\pi}{k\Lambda} \quad \cdots (5)$$

なる式で表される回折角  $\theta_1$  で回折する  $\pm 1$  次回折光により形成される。

## 【0026】

ここまでは、 $\pm 1$  次回折光のみの干渉により光ファイバ 10 において回折格子が形成されるものとして説明してきた。しかし、実際には、位相格子マスク 20 からは、 $\pm 1$  次回折光が出射するだけでなく、0 次光も出射する。位相格子マスク 20 から出射する 0 次光のパワーを零にするのは現実的には極めて困難である。

## 【0027】

したがって、 $\pm 1$  次回折光および 0 次光の干渉を考慮しなければならない。その場合、干渉縞における屈折率変化誘起光 A の強度分布  $I_2(y)$  は、

## 【0028】

## 【数 6】

$$\begin{aligned} I_2(y) &= |A_0 \exp(-ikx) + A_1 \exp\{-i(kx \cos \theta_1 + ky \sin \theta_1)\} + A_1 \exp\{-i(kx \cos \theta_1 - ky \sin \theta_1)\}|^2 \\ &= |A_0 \exp(-ikx) + 2A_1 \exp(-ikx \cos \theta_1) \cos(ky \sin \theta_1)|^2 \\ &= |A_0|^2 + 2|A_1|^2 \{1 + \cos(2ky \sin \theta_1)\} + 4A_0 A_1 \cos\{kx(1 - \cos \theta_1)\} \cos(ky \sin \theta_1) \quad \cdots (6) \end{aligned}$$

なる式で表される。

## 【0029】

この(6)式で表される強度分布  $I_2(y)$  も、変数  $y$  についての周期関数である。

ただし、右辺第1項は定数である。右辺第2項は、上記(3)式の右辺と同じ周期  $d$  の関数であって、+1次回折光と-1次回折光との干渉の成分である。しかし、右辺第3項は、周期  $2d$  の関数であって、±1次回折光と0次光との干渉の成分である。このように、0次光も存在すると、光ファイバ10において形成される屈折率変調による回折格子は、所望する周期  $d$  の変調成分に加えて、所望しない周期  $2d$  の変調成分をも含む。この所望しない周期  $2d$  の変調成分が含まれているが故に、このような光導波路型回折格子素子は、ブラッグ波長  $\lambda_B$  以外の波長の導波光をも反射させるものと考えられる。

### 【0030】

そこで、本実施形態に係る光導波路型回折格子素子作製方法では、周期  $2d$  の変調成分を除去するために、以下のようにして光導波路型回折格子素子を作製する。すなわち、その作製過程を第1ステップと第2ステップとに分ける。第1ステップでは、光ファイバ10と位相格子マスク20との相対的な配置関係を第1の相対的配置関係として、位相格子マスク20を介して屈折率変化誘起光Aを光ファイバ10に照射する。一方、第2ステップでは、光ファイバ10と位相格子マスク20との相対的な配置関係を、長手方向に位相格子マスク20の格子周期の  $1/2$  の距離 ( $\Lambda/2$ ) だけ第1の相対的配置関係と異なる第2の相対的配置関係として、位相格子マスク20を介して屈折率変化誘起光Aを光ファイバ10に照射する。

### 【0031】

第1ステップおよび第2ステップそれぞれにおける光ファイバ10への屈折率変化誘起光Aの照射量は、相互の差が小さいのが好ましく、互いに等しいのが好適である。この場合、干渉縞における屈折率変化誘起光Aの強度分布の時間平均  $I_3(y)$  は、上記の強度分布  $I_2(y)$  を用いると、

### 【0032】

【数7】

$$I_3(y) = \{I_2(y) + I_2(y + \Lambda/2)\} / 2 \quad \dots(7)$$

なる式で表され、さらに、

## 【0033】

## 【数8】

$$I_3(y) = |A_0|^2 + 2|A_1|^2 \{1 + \cos(2ky \sin \theta_1)\} \quad \dots(8)$$

光ファイバ10に形成される屈折率変調は、この(8)式の強度分布  $I_3(y)$  に応じたものとなり、所望する周期  $d$  の変調成分を含む一方で、所望しない周期  $2d$  の変調成分を含まない。

## 【0034】

このように、本実施形態では、第1ステップにおける第1の相対的配置関係と、第2ステップにおける第2の相対的配置関係とで、光ファイバ10と位相格子マスク20との相対的な配置関係を、長手方向に距離  $(\Lambda/2)$  だけ互いに異ならせる。これにより、位相格子マスク20から0次光が発生したとしても、光ファイバ10において屈折率変調による回折格子が形成されてなる光導波路型回折格子素子は、不要な周期  $2d$  の変調成分が除去または低減されるので、ブラッグ波長  $\lambda_B$  以外の波長の導波光の反射が抑制され、所望の反射特性を有するものとなる。

## 【0035】

さらに、 $\pm 2$  次回折光（回折角  $\theta_2 = 2\theta_1$ ）をも考慮すると、 $\pm 2$  次回折光と0次光との干渉による変調成分は、

## 【0036】

## 【数9】

$$k \sin \theta_2 = k \sin 2\theta_1 = 2k \sin \theta_1 \cos \theta_1 = \frac{2\pi}{d} \sqrt{1 - \left(\frac{\pi}{kd}\right)^2} \quad \dots(9)$$

なる式で表される係数と変数  $y$  との積を引数とする余弦関数で表されるから、 $d/[1 - (\pi/kd)^2]^{1/2}$  なる周期の関数となる。この変調成分もブラッグ波長  $\lambda_B$  以外の波長の導波光を反射させる要因となり得るが、上記のように第1ステップおよび第2ステップにより屈折率変調による回折格子を形成することで、光導波路型回折格子素子は、この不要な周期の変調成分が除去または低減されるので、ブラッグ波長  $\lambda_B$  以外の波長の導波光の反射が抑制され、所望の反射特性を

有するものとなる。

#### 【0037】

図2は、本実施形態に係る光導波路型回折格子素子作製方法の説明図である。同図(a)は第1ステップにおける第1の相対的配置関係を示し、同図(b)は第2ステップにおける第2の相対的配置関係を示す。この図に示されるように、本実施形態では、第1ステップにおける第1の相対的配置関係(同図(a))と、第2ステップにおける第2の相対的配置関係(同図(b))とで、光ファイバ10と位相格子マスク20との相対的な配置関係は長手方向に距離( $\Lambda/2$ )だけ異なる。そして、第1ステップにおける第1の相対的配置関係の下で位相格子マスク20を介して屈折率変化誘起光Aを光ファイバ10に照射し、また、第2ステップにおける第2の相対的配置関係の下で位相格子マスク20を介して屈折率変化誘起光Aを光ファイバ10に照射する。

#### 【0038】

第1ステップおよび第2ステップそれぞれにおける光ファイバ10への屈折率変化誘起光Aの照射量は、互いに等しいのが好適である。屈折率変化誘起光Aのパワーが一定であるとすれば、第1ステップおよび第2ステップそれぞれにおける光ファイバ10への屈折率変化誘起光Aの照射時間は、互いに等しいのが好適である。

#### 【0039】

第1ステップおよび第2ステップそれぞれは、1回ずつであってもよいが、交互に繰り返し行なわれてもよい。第1ステップおよび第2ステップを交互に繰り返し行なう場合には、第1ステップおよび第2ステップそれぞれの繰り返し回数が互いに等しいのが好適であり、第1ステップおよび第2ステップそれぞれの繰り返しの各回において、光ファイバ10への屈折率変化誘起光Aの照射量が互いに等しいのが好適である。また、第1ステップおよび第2ステップそれぞれの繰り返しの各回において、光ファイバ10への屈折率変化誘起光Aの照射量が互いに異なってもよい。

#### 【0040】

例えば、光ファイバ10において屈折率変調を形成すべき範囲に亘りミラー3

0が長手方向に繰り返し走査される場合に、同図(a)に示されるようにミラー30が+y方向に移動している期間(第1ステップ)では第1の相対的配置関係とし、同図(b)に示されるようにミラー30が-y方向に移動している期間(第2ステップ)では第2の相対的配置関係とする。屈折率変化誘起光Aのパワーが一定であって、ミラー30が一定速さで往復移動していれば、第1ステップおよび第2ステップそれぞれの繰り返しの各回において、光ファイバ10への屈折率変化誘起光Aの照射量が互いに等しくなる。或いは、ミラー30が+y方向に移動している期間のうちに、第1の相対的配置関係および第2の相対的配置関係それぞれが1回以上出現するようにしてもよい。

#### 【0041】

次に、本発明に係る光通信システムの実施形態について説明する。図3は、本実施形態に係る光通信システム100の構成図である。この図に示される光通信システム100は、光送信器111~114、光合波器120、光増幅器131~133、光ファイバ伝送路141~145、光合分波器150、分散調整器160、光分波器170、光受信器181~184を備えている。

#### 【0042】

この光通信システム100では、光送信器111より波長 $\lambda_1$ の信号光が出力され、光送信器112より波長 $\lambda_2$ の信号光が出力され、光送信器113より波長 $\lambda_3$ の信号光が出力され、光送信器114より波長 $\lambda_4$ の信号光が出力される。そして、これら光送信器111~114から出力された波長 $\lambda_1$ ~ $\lambda_4$ の信号光は、光合波器120により合波され、光増幅器131により一括光増幅されて、光ファイバ伝送路141に送出される。

#### 【0043】

光ファイバ伝送路141により伝送された波長 $\lambda_1$ ~ $\lambda_4$ の信号光は、光増幅器132により光増幅されて、光合分波器150に到達する。光合分波器150に到達した波長 $\lambda_1$ ~ $\lambda_4$ の信号光のうち波長 $\lambda_1$ の信号光は、この光合分波器150において、他の波長 $\lambda_2$ ~ $\lambda_4$ の信号光と分波されて、光ファイバ伝送路144へ送出される。また、上記他の波長 $\lambda_2$ ~ $\lambda_4$ の信号光は、光ファイバ伝送路145より到達した波長 $\lambda_1$ の信号光と合波されて、その合波された波長 $\lambda_1$ ~ $\lambda_4$ の



信号光は光ファイバ伝送路 142 へ送出される。

【0044】

光ファイバ伝送路 142 により伝送された波長  $\lambda_1 \sim \lambda_4$  の信号光は、分散調整器 160 により分散調整された後に、更に光ファイバ伝送路 143 により伝送され、光増幅器 133 により一括光増幅されて、光分波器 170 に到達して、この光分波器 170 により波長毎に分波されて出力される。光分波器 170 より出力された波長  $\lambda_1$  の信号光は光受信器 181 により受信され、光分波器 170 より出力された波長  $\lambda_2$  の信号光は光受信器 182 により受信され、光分波器 170 より出力された波長  $\lambda_3$  の信号光は光受信器 183 により受信され、光分波器 170 より出力された波長  $\lambda_4$  の信号光は光受信器 184 により受信される。

【0045】

このような光通信システム 100 において、上記の本実施形態に係る光導波路型回折格子素子は、光送信器 111 ~ 114、光増幅器 131 ~ 133、光合分波器 150、分散調整器 160 および光分波器 170 それぞれの一構成要素として用いられる。

【0046】

光送信器 111 ~ 114 それぞれは、半導体発光素子と光導波路型回折格子素子とを含み、光導波路型回折格子素子が外部共振器の一方の反射面として用いられており、光導波路型回折格子素子の反射波長に等しい波長を有する単色性・安定性に優れた光を出力することができる。光増幅器 131 ~ 133 それぞれに含まれる励起光源についても同様である。また、光ファイバ伝送路 141 ~ 143 において信号光を分布ラマン増幅する場合には、そのラマン増幅用の励起光を出力する励起光源についても同様である。

【0047】

光合分波器 150 は、光ファイバカプラの光結合部が上記の光導波路型回折格子素子とされたものであり、光導波路型回折格子素子の反射波長に等しい波長の信号光を分波または合波することができる。

【0048】

分散調整器 160 は、長手方向に沿って格子間隔が変化している光導波路型回

折格子素子を含むものであり、その長手方向に沿った各位置で異なる波長の光を反射させることができ、これにより信号光の波長分散を調整することができる。

#### 【0049】

光分波器 170 は、スターカプラと互いに反射波長が異なる複数の光導波路型回折格子素子とを含み、スターカプラにより分岐した光のうち特定波長の光を各光導波路型回折格子素子により反射させることで、波長  $\lambda_1 \sim \lambda_4$  の信号光を波長毎に分波することができる。

#### 【0050】

このように、本実施形態に係る光通信システム 100 は、上位の本実施形態に係る光導波路型回折格子素子を用いて信号光を処理しているので、高品質の信号光伝送が可能である。

#### 【0051】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、第 1 の相対的配置関係と第 2 の相対的配置関係とは、位相格子マスクの格子周期の  $1/2$  の距離だけ異なる場合に限られず、一般に格子周期の  $M/2$  ( $M$  は奇数) だけ異なってもよい。また、光導波路としては、光ファイバに限られず、平面基板上の光導波路であってもよい。

#### 【0052】

##### 【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、第 1 ステップにおける第 1 の相対的配置関係と、第 2 ステップにおける第 2 の相対的配置関係とで、光導波路と位相格子マスクとの相対的な配置関係を、位相格子マスクの格子周期の  $M/2$  (ただし、 $M$  は奇数) の距離だけ互いに異ならせる。これにより、位相格子マスクから 0 次光が発生したとしても、光導波路において屈折率変調による回折格子が形成されてなる光導波路型回折格子素子は、不要な周期の変調成分が除去または低減されるので、ブラッグ波長  $\lambda_B$  以外の波長の導波光の反射が抑制され、所望の反射特性を有するものとなる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

光導波路型回折格子素子作製方法の説明図である。

【図 2】

本実施形態に係る光導波路型回折格子素子作製方法の説明図である。

【図 3】

本実施形態に係る光通信システム 1 0 0 の構成図である。

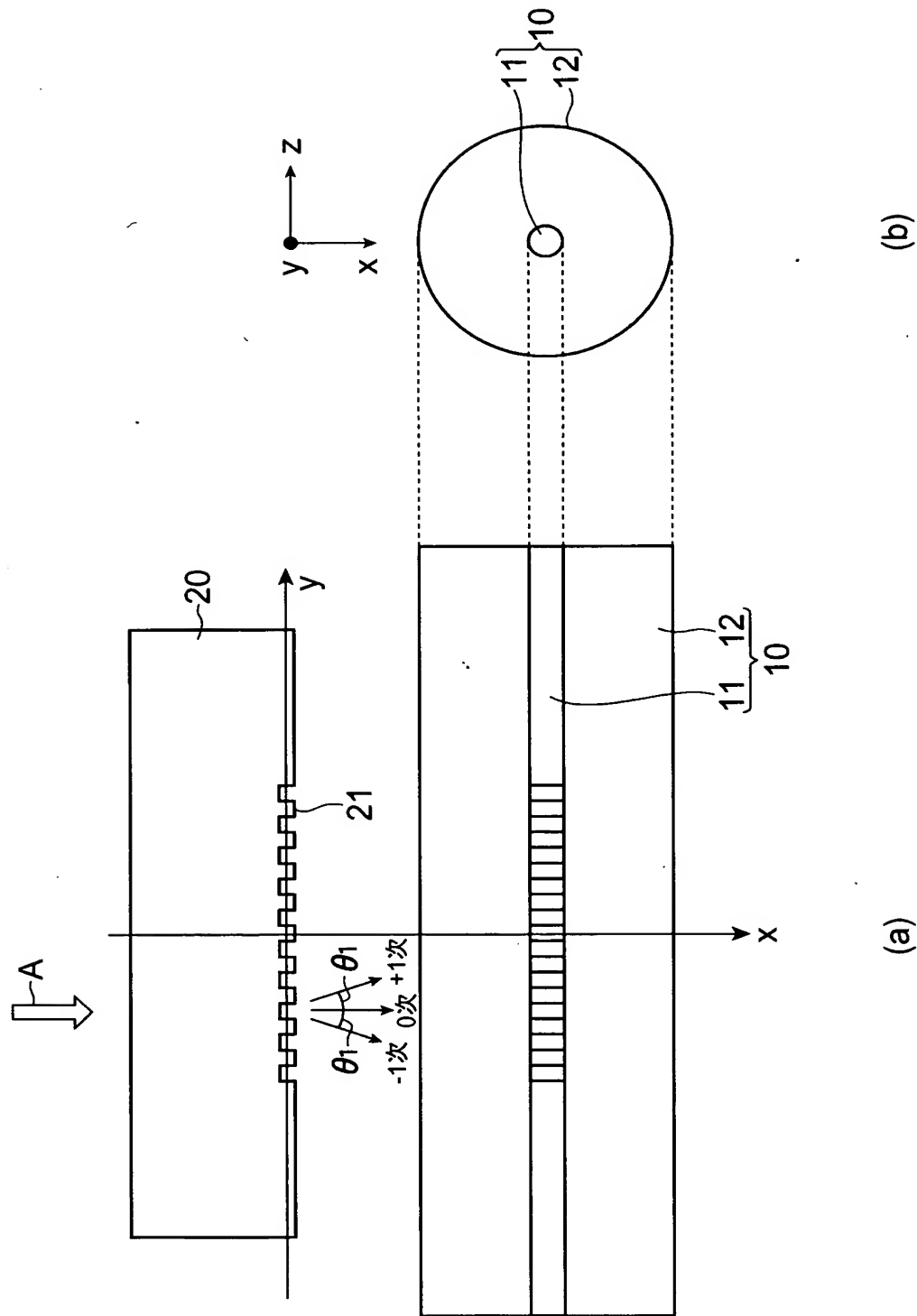
【符号の説明】

1 0…光ファイバ、1 1…コア領域、1 2…クラッド領域、2 0…位相格子マスク、2 1…位相格子面、3 0…ミラー、A…屈折率変化誘起光。

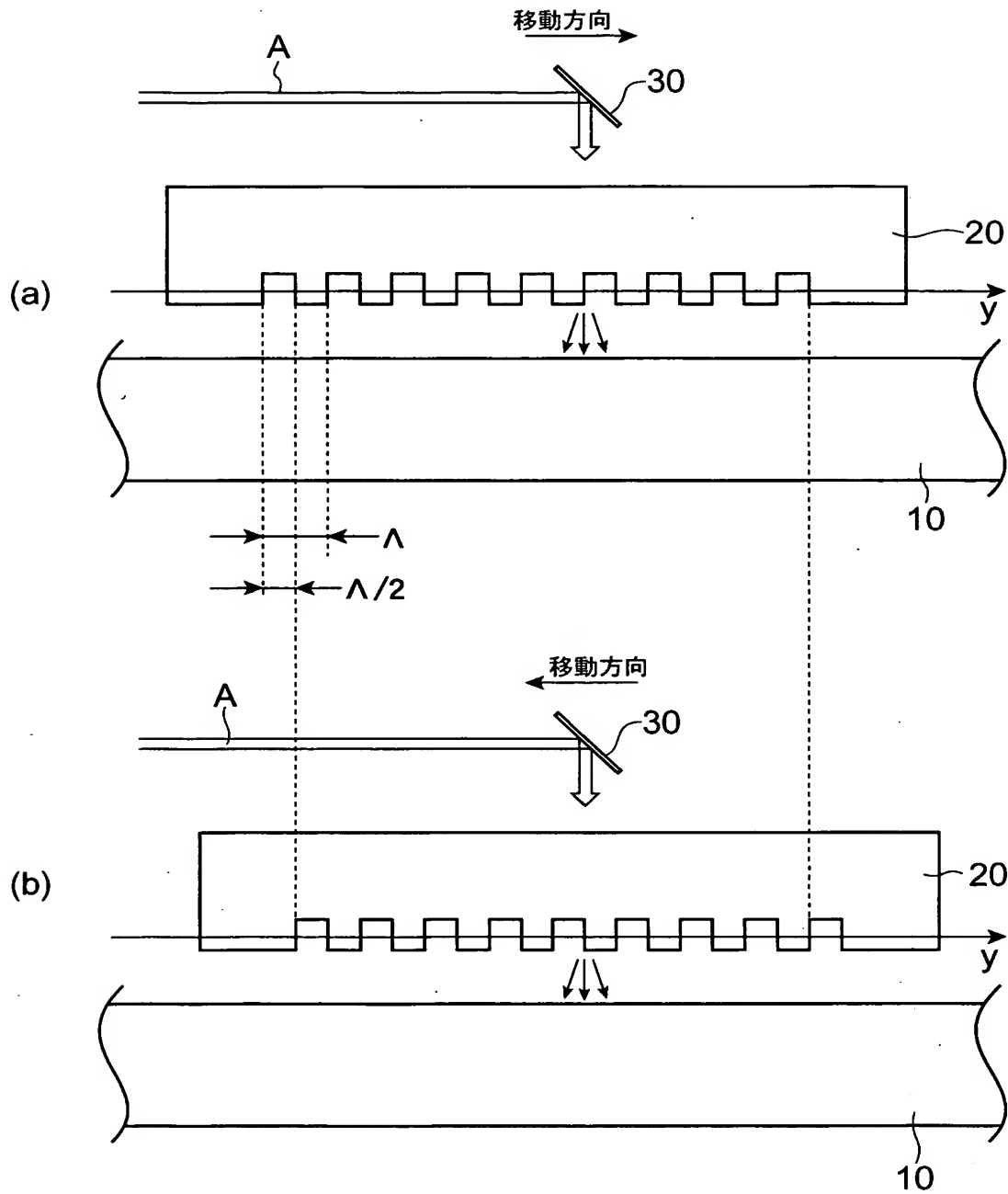
【書類名】

図面

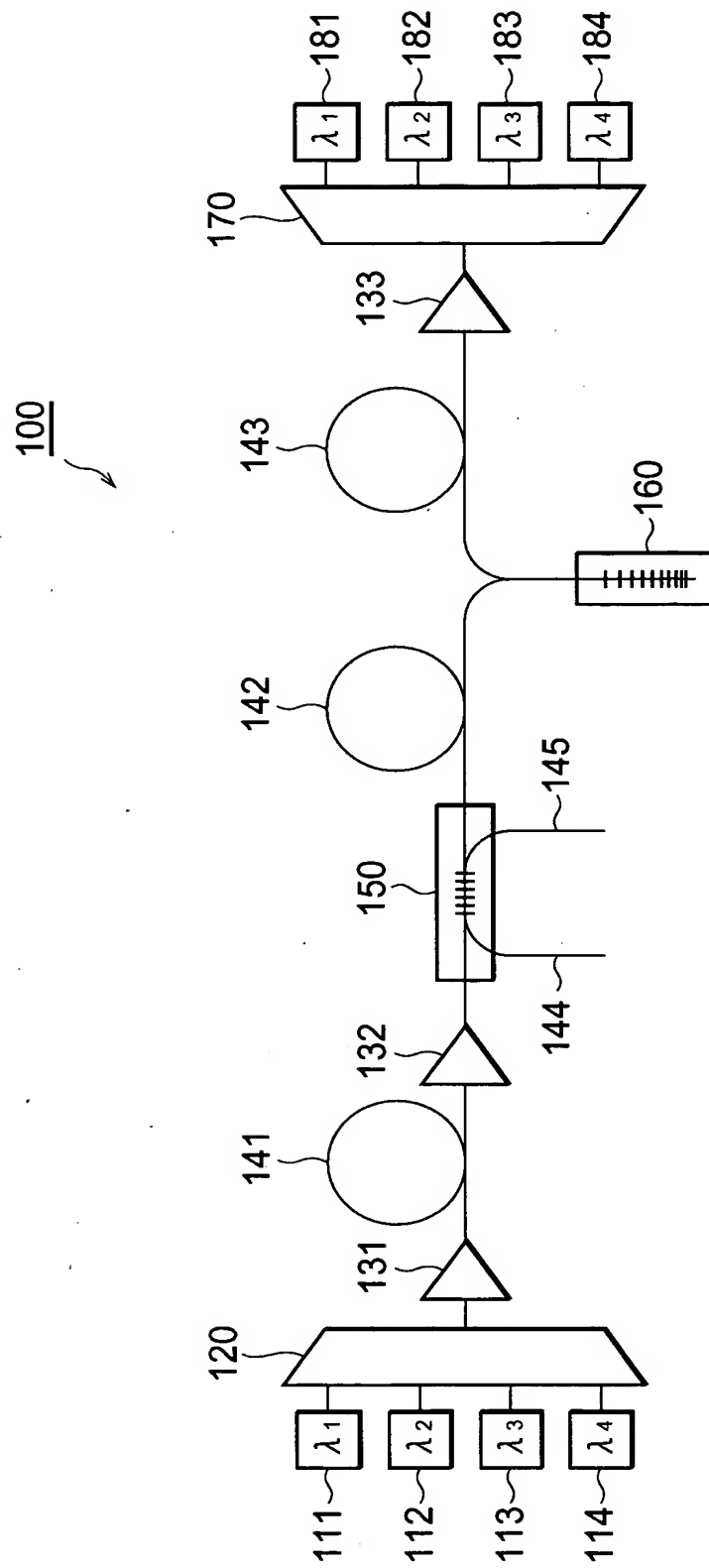
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 所望の反射特性を有する光導波路型回折格子素子を容易に作製することができる方法を提供する。

【解決手段】 第1ステップにおける第1の相対的配置関係（同図（a））と、第2ステップにおける第2の相対的配置関係（同図（b））とで、光ファイバ10と位相格子マスク20との相対的な配置関係は長手方向に距離（ $\Lambda/2$ ）だけ異なる。 $\Lambda$ は位相格子マスク20の格子周期である。そして、第1ステップにおける第1の相対的配置関係の下で位相格子マスク20を介して屈折率変化誘起光Aを光ファイバ10に照射し、また、第2ステップにおける第2の相対的配置関係の下で位相格子マスク20を介して屈折率変化誘起光Aを光ファイバ10に照射する。

【選択図】 図2

特願 2 0 0 2 - 3 0 3 4 5 3

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社